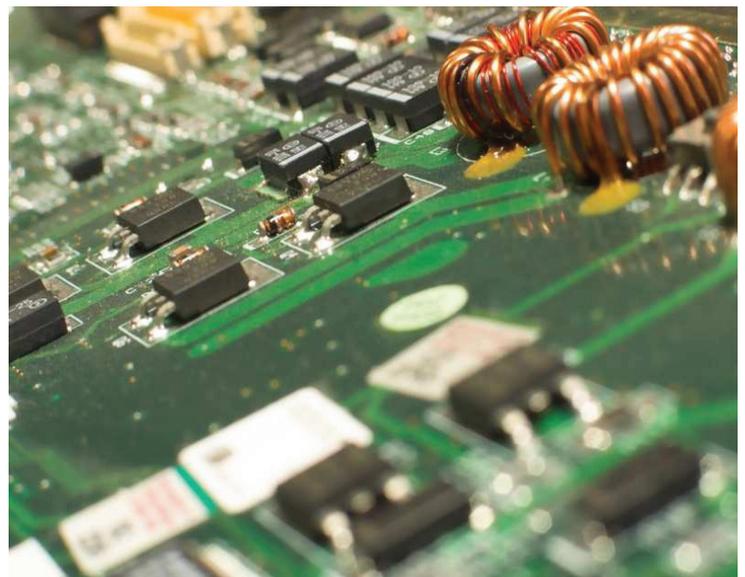
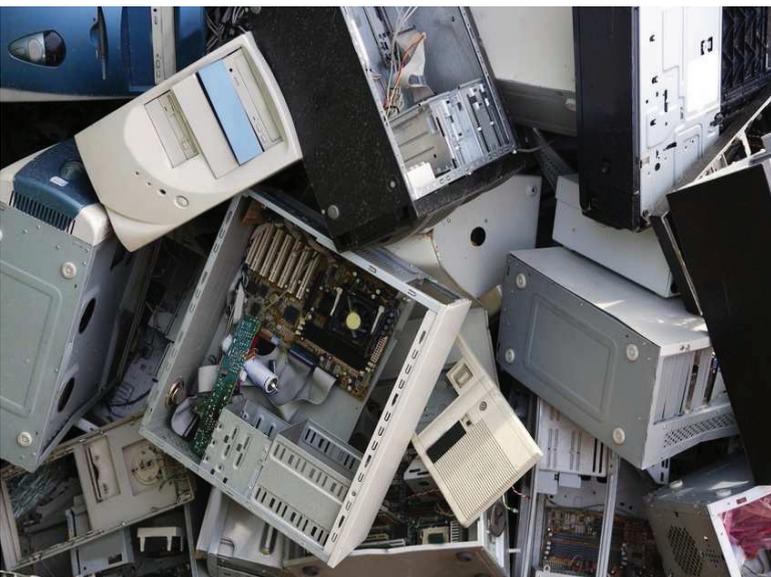
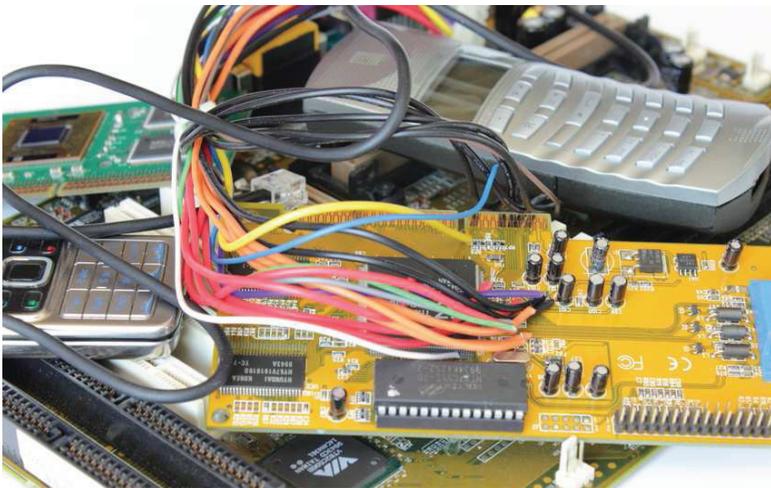




Verband Deutscher Metallhändler e.V.

Qualitätsgemeinschaft  
Elektroaltgeräte

**BESTE VERFÜGBARE  
TECHNIK**



## Vorwort

Grundlage der Erarbeitung dieses Heftes ist die Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). Ziele der Richtlinie sind die Gewährleistung eines hohen Umweltschutzniveaus und die Verbesserung der Umweltqualität. Art. 11 der Richtlinie gibt den Mitgliedstaaten die Verpflichtung auf eine Reihe von umweltschonenden Prinzipien einzuhalten. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Anwendung der besten verfügbaren Techniken durch die von der Richtlinie erfassten Anlagenbetreiber.

Die Qualitätsgemeinschaft Elektroaltgeräte des VDM hat eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen und sich des Themas der besten verfügbaren Technik für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen angenommen. Die BVT Merkblätter werden auf nationaler Ebene häufig als zusätzliche Erkenntnisquelle bei der Festlegung von Genehmigungsanforderungen herangezogen und sind somit auch für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen von Bedeutung.

In der Qualitätsgemeinschaft Elektroaltgeräte haben sich die Mitgliedsunternehmen des VDM organisiert, welche die umweltgerechte Erfassung und Verwertung von Elektro- und Elektronikschrott zu ihrem Schwerpunkt gemacht haben. Sie besteht aus Unternehmen, welche neben den Recyclingbetrieben, den Handel aber auch die Hütten repräsentiert. Weitere Informationen zu der Qualitätsgemeinschaft Elektroaltgeräte können Sie der Seite [www.qualitaetsgemeinschaft-e-schrott.de](http://www.qualitaetsgemeinschaft-e-schrott.de) entnehmen.

Das vorliegende Merkblatt stellt den derzeitigen Status quo dar. Je nach Erfordernis können die Bearbeitungsstufen erweitert oder zurückgenommen werden. Der ökologische und ökonomische Bedarf ist im Einzelfall zu Grunde zu legen.



Verband Deutscher Metallhändler e.V.  
Hauptgeschäftsführer: Ralf Schmitz  
Umwelt und Recycling: Nadine Zoher, Ewelina Bugajski  
Hedemannstraße 13, 10969 Berlin  
Telefon +49 30 259 37 38 10  
[vdm@metallhandel-online.com](mailto:vdm@metallhandel-online.com), [www.metallhandel-online.com](http://www.metallhandel-online.com)

Januar 2012

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>S.5</b>
<b>2.</b>	<b>Generelle Behandlungsstufen bei der Elektroaltgeräte- aufbereitung</b>	<b>S.6</b>
2.1	Vorsortierung für die nachfolgenden Behandlungsschritte	S.6
2.2	Vorzerlegung (Manuell, maschinell oder kombiniert)	S.7
2.3	Separation (manuell und maschinell)	S.8
2.4	Folgezerlegung, Feinzerkleinerung (maschinell)	S.9
2.5	Feinseparation (maschinell)	S.9
2.6	Verfahren zur Weiterverarbeitung der gewonnenen Fraktion	S.10
<b>3.</b>	<b>Musterbeispiele für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen (inkl. Fließbildern)</b>	<b>S.12</b>
3.1	Musteranlage 1	S.12
3.1.1	Technik	S.12
3.1.2	Emissionen	S.13
3.1.2.1	Lärm	S.13
3.1.2.2	Luftemissionen (Staub)	S.13
3.1.3	Sicherheitstechnik	S.14
3.1.4	Fließbild (Abbildung 1 MV ZV Flussdiagramm)	S.14
3.2	Musteranlage 2	S.15
3.2.1	Sortierung	S.15
3.2.2	Zerlegung	S.15
3.2.3	Mechanische Aufbereitung	S.15
3.2.4	Entstaubung	S.16
3.2.5	Fließbilder (Abbildungen 2 bis 5)	S.17
3.3	Musteranlage 3	S.19
3.3.1	Kurzbeschreibung zum Unternehmen	S.19
3.3.2	Fließbild	S.20
3.4	Musteranlage 4 (Spezialfall Kühlgeräteaufbereitung)	S.21
3.4.1	Kurzbeschreibung zum Unternehmen	S.21
3.4.2	Fließbild	S.22
<b>4.</b>	<b>Tabellarische Übersicht mit Details zu den Musteranlagen</b>	<b>S.23</b>



## Beste verfügbare Techniken

### 1. Einleitung

Bei den im Folgenden beschriebenen Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen handelt es sich um Anlagen, welche die am Markt anfallenden Elektro(nik)altgeräte annehmen und aufbereiten. Ihr Ziel ist es, diese metallhaltigen Abfälle aus den unterschiedlichsten Wirtschaftsbereichen so aufzuarbeiten, dass eine größtmögliche Menge Wertstoffe gewonnen und als Sekundärrohstoffe in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden kann.

Insgesamt wird der Betrieb von Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen durch eine Vielzahl individueller, technischer und standortspezifischer Rahmenbedingungen geprägt. Dazu zählen insbesondere:

- Art des Unternehmens (sozialer Betrieb, mittelständischer Zerlegebetrieb, überregional tätiger Entsorger etc.)
- Art der in der Anlage behandelten, inhomogenen, unterschiedlich zusammengesetzten Eingangsstoffe. Diese sind je nach Spezialisierung der Aufbereitungsanlage verschieden (z. B. Erst-, Folgebehandler, Bildschirmzerleger, Kühlgeräteaufbereiter).
- verschiedene, konkurrierende Techniken/Geräte zur Erreichung des gleichen Ergebnisses, z.B. Vorzerlegung mittels Hammerbrecher, Kettenzerkleinerer oder Granulator, Sortierung mittels Sensortechnik oder physikalischer Methoden etc.
- die Verarbeitungstiefe. Einige Verarbeiter stellen z. B. hoch angereicherte Fraktionen, andere ausschließlich Zwischenprodukte her.
- die regional gültigen kommunalen Satzungen (z. B. Abfallsatzung)
- die regionale gesellschaftliche Akzeptanz der Anlage (z. B. bedeutsam in Genehmigungsfragen)
- die regional gültigen Abfallwirtschaftspläne und umweltpolitischen Zielvorgaben der Bundesländer sowie
- die anlagenspezifischen Genehmigungsbedingungen.

Diese Rahmenbedingungen sind der Grund für die Vielfalt der am Markt befindlichen komplexen Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen, welche in der Regel aus verschiedenen aufeinanderfolgenden Technologien bestehen. Die einzelnen Anlagenteile können teilweise von verschiedenen Firmen an verschiedenen Orten betrieben werden (Verwertungskette). Solch eine Kette beginnt z. B. mit manueller Technik und endet für einige Fraktionen in einem speziell auf Elektroaltgerätefraktionen ausgelegten, metallurgischen Prozess.

Durch die Vielzahl von unterschiedlich miteinander kombinierbaren Verfahrens- und Prozessstufen können Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen eine große Bandbreite von Inputmaterialien behandeln und die im Markt nachgefragten Materialqualitäten erzeugen. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, ein standardisiertes Verfahren für die Behandlung von Elektro(nik)altgeräten als BVT-Verfahren festzulegen. Vielmehr sind verschiedene Verfahren zu betrachten, die nebeneinander oder auch in Kombination miteinander als BVT-Verfahren zum Einsatz kommen.

Unter dem in der BREF-Terminologie verwendeten Begriff der „besten verfügbaren Technik“ sind für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen solche Techniken zu verstehen, die unter weitgehender Vermeidung von Umweltbelastungen gute bis sehr gute Verwertungsergebnisse erzielen.

Nachfolgend werden zuerst die erforderlichen Behandlungsstufen bei der Elektroaltgeräteverwertung aufgezählt und erläutert. Danach folgen drei Musterbeispiele für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen, die jeweils als Fliesbild dargestellt werden. Diese Beispiele repräsentieren den Querschnitt des derzeit besten verfügbaren Standes der Technik bei Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen in Deutschland.

Anschließend sind in einer tabellarischen Übersicht die Details der jeweiligen Musteranlagen zur näheren Information aufgeführt.

## **2. Generelle Behandlungsstufen bei der Elektroaltgeräteaufbereitung**

Die für die Behandlung eingesetzten Verfahren sind für die jeweilige Elektroaltgeräteart oder für bestimmte Teile aus Elektroaltgeräten ausgelegt. Kühlgeräte, Bildschirmgeräte und Bildröhren durchlaufen z.B. gesonderte Behandlungsstufen. Auch für die restlichen Elektroaltgeräte gibt es angepasste Verfahren, z.B. für Großgeräte mit hohem Metallanteil oder für Elektrokleingeräte, die einen hohen Anteil an Kunststoffen aufweisen. Auch bei Einsatz der gleichen Verwertungstechnik werden deutlich unterschiedliche Geräte losweise und getrennt voneinander verarbeitet, um die Anlagen optimal auf die Geräteart einstellen zu können.

### **2.1 Vorsortierung für die nachfolgenden Behandlungsschritte**

Ziel: Gewinnung einheitlicher Materialströme für die nachfolgenden, angepassten Behandlungsstufen, z. B.:

- Kühlschränke, Großgeräte, Bildschirmgeräte, Holzgeräte
- Ölhaltige Geräte
- Geräte, die z.B. Lithium- und Bleibatterien enthalten
- verwendbare Geräten für die Wiederverwendung
- frei vorliegende Schadstoffe, Batterien etc.
- Fehlwürfe

Elektroaltgeräte sind in ihrer Größe, Bauform und stofflicher Zusammensetzung ein sehr komplexer Abfallstrom. Deshalb stellt die Vorsortierung einen wichtigen Behandlungsschritt dar, der sich entscheidend auf die gesamte Verarbeitungskette und Qualität des Recyclings von Elektroaltgeräten (EAG) auswirkt. Die EAG werden hauptsächlich bei den öffentlich rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) in den Sammelgruppe 1 bis 5 erfasst. Die Gruppe 1 – 3 und 5 werden in der Regel in 38 m<sup>3</sup> Containern oder in Gitterboxen gesammelt, für die Sammelgruppe 4 (Lampen) stehen spezielle Sammelbehälter zur Verfügung. Zusätzlich gelangen Elektroaltgeräten aus Gewerbe und Industrie in die Erstbehandlungsanlagen.

In den Erstbehandlungsanlagen wird zunächst eine Vorsortierung vorgenommen. Die Sortierung geschieht z. B. manuell direkt bei der Entladung oder auf Sortierbändern, auf denen das Material aufgegeben wird. Für die Sortierung schwerer Geräte wie z. B. Fernseher und Monitore werden gegebenenfalls mechanische Greifer eingesetzt. Bei der Sortierung werden die oben genannten Fehlmaterialien (z. B. Sperrmüll, Hausmüll etc.) und freie Schadstoffe (Batterien, Akkumulatoren etc.) aussortiert. Außerdem wird das Material in verschiedene Gruppen für die folgenden Behandlungsschritte sortiert, z. B. Monitore und Fernseher mit Bildröhre, Monitore und Fernseher Plasma/LCD, schadstoffhaltige Geräte für die manuelle oder mechanische Zerlegung, schadstofffreie Geräte für die mechanische Zerlegung.

Zusätzliche mögliche Sortierungsziele sind z. B. die Erfassung von Geräten:

- mit sortenreinen Gehäusekunststoffen,
- mit überwiegend metallischen Komponenten,
- die ggf. für den Wiedereinsatz geeignet sind.

Auf Grund der überwiegend großen Bauform der Geräte in der Sammelgruppe 1 sind maschinelle Hilfsmittel für eine Sortierung empfehlenswert. Hauptaugenmerk bei der Sortierung in dieser Sammelgruppe liegt auf der Erfassung und separaten Behandlung ölhaltiger Geräte. Diese müssen z.B. einer Trockenlegung zugeführt und an spezialisierte Unternehmen weitergegeben werden. Weiterhin sind bei Haushaltsgroßgeräten, entsprechend dem nachfolgenden Zerkleinerungsprozess, „große“ Elektrolytkondensatoren zu entfernen.

Die Vorsortierung ist auf Grund der Zusammensetzung des Materialinputs erforderlich für die nachfolgende Aufbereitung. Ihr Ziel besteht in der sicheren Erfassung von Schadstoffen und der Bereitstellung geeigneter Qualität für die nachfolgenden Behandlungsschritte, um hochwertige Sekundärrohstoffen herzustellen. Alle Prozesse sind so ausgelegt, dass keine Gefahren für Mitarbeiter und Umwelt auftreten.

## **2.2 Vorzerlegung (manuell, maschinell oder kombiniert)**

Ziel: Materialaufschluss, um frei vorliegende Fraktionen für die weitere Behandlung zu gewinnen.

Trennung von miteinander verbundenen Materialien wie:

- Gehäuse, Leiterplatten, Bauteile
- Schadstoffe, Bauteile
- Bauelemente, Leiterplatten
- Stahl, Kunststoff, Aluminium

Die Vorzerlegung dient dem Voneinandertrennen unterschiedlicher Materialien, die miteinander verschraubt, verklebt oder anderweitig verbunden sind. Wichtig ist hier zunächst die Aussonderung von Schadstoffen, die in den folgenden Prozessen störend sind oder nicht ohne Umweltbelastung verarbeitet werden können. Welche Art der Schadstoffabtrennung zur

Anwendung gelangt, hängt vom Gerät, dem enthaltenen Schadstoff und dem nachfolgend eingesetzten Behandlungsschritt ab. Schadstoffhaltige Bauteile, die z. B. Quecksilber oder Öle enthalten, müssen in der Regel manuell oder durch speziell entwickelte selektiv arbeitende mechanische Verfahren (ggf. Roboter) entfernt werden. Schadstoffhaltige Bauteile wie Kondensatoren oder Batterien können ggf. auch durch mechanische Prall- oder Schlagbeanspruchung abgetrennt und anschließend aussortiert werden.

Neben der wichtigen Abtrennung der Schadstoffe sollen durch die Vorzerlegung ebenfalls Verbindungen zwischen den Wertstoffen wie diverse Metalle, Kunststoffe und Glas getrennt werden.

Häufig besteht die Vorzerlegung aus einer Kombination manueller und mechanischer Verfahren. Die manuelle Vorzerlegung ist generell für alle Materialien einsetzbar. Für gezielt sortierte Fraktionen (frei von Quecksilber u. a.) ist aber auch eine ausschließlich mechanische Vorzerlegung möglich.

Bei der rein manuellen Vorzerlegung werden die getrennten Materialien soweit möglich sofort sortenrein erfasst. So gelangen z. B. Stahl, Kunststoff, Aluminium und verschiedene schadstoffhaltige Bauteile getrennt in Sammelbehälter. Bei der mechanischen Vorzerlegung werden die Materialien zwar soweit möglich voneinander getrennt (aufgeschlossen), liegen aber noch unsortiert in einer Mischung vor.

Generell werden bei der Vorzerlegung nur die in größerer Abmessung vorkommenden Materialien getrennt, feinere Bauteile bleiben vorerst weiter miteinander verbunden. Z. B. größere Gehäuse- und Rahmenteile, Bauteile von Leiterplatten und Aluminiumkühler von Bauteilen werden getrennt, die Bauteile selbst oder die Leiterplatten aber nicht weiter aufgeschlossen.

Ein übliches Beispiel für eine kombinierte Vorzerlegung ist die Monitor- und Fernsehzerlegung. Bei der manuellen Zerlegung werden zuerst die Fraktionen Bildröhre, Gehäusekunststoff und Chassis gewonnen, welche anschließend in das nachfolgende mechanische Verfahren gelangen.

### **2.3 Separation (manuell und maschinell)**

Ziel: Wertstoffgewinnung durch Abtrennung von Materialien aus dem aufgeschlossenen Materialstrom für die Weiterbehandlung

Z.B.:

- Stahl
- Aluminium
- NE- Gemisch
- Kunststoff
- Schadstoff

Bei der rein manuellen Vorzerlegung wird direkt nach der Trennung sozusagen in einem Arbeitsschritt separiert. Die frei vorliegenden Teile werden direkt in Sammelbehälter oder auf Transportbänder gegeben.

Auch bei maschineller Vorzerlegung kann zumindest für einen Teil der zu separierenden Materialien die manuelle Sortierung zum Einsatz kommen. So können z.B. nach einem Aufschluss mittels schlagender Zerkleinerung (Prallmühle, Kettenzerkleinerer etc.) frei vorliegende Schad- und Wertstoffe am Klaubeband aussortiert werden.

Für die maschinelle Sortierung werden nach der Vorzerlegung in der Regel physikalische Verfahren wie Magnetscheidung, Wirbelstromscheidung, Dichtesortierung, optische Trennung und Sensortechnik eingesetzt.

Nach der Sortierung liegen teilweise sortenreine, verkaufsfähige Fraktionen vor, wie z. B. Stahlschrott, Aluminium und Kunststoffe. Außerdem werden Fraktionen gewonnen, die in einem folgenden Verarbeitungsschritt weiter aufzuschließen sind sowie Abfälle (z. B. Kondensatoren), die in die geordnete Entsorgung gelangen.

#### **2.4 Folgezerlegung, Feinzerkleinerung (maschinell)**

Ziel: Materialaufschluss und Materialverkuglung, um frei vorliegende Fraktionen für die weitere Behandlung/Separation zu gewinnen.

Trennung von verbundenen Materialien wie:

- Kupferkaschierung, Leiterplattenkunststoff, Glasfaser
- Kabelkupfer, Kabelisolierung
- Bauteilekeramik, Metalle

In der Vorzerlegung nicht vollständig aufgeschlossene Anteile wie Leiterplattenstücke, Bauteile und andere Materialverbunde werden in einer weiteren Zerkleinerung aufgeschlossen. Bei dieser Zerkleinerung werden u. a. die Kupferbeschichtungen von den Leiterplatten, die Metallanteile von der Keramik oder der Kunststoff von den Bauteilen bzw. die Kunststoffisolierungen vom Kupferkabel getrennt.

Für die Feinzerkleinerung kommen z. B. Rotormühlen, Granulatoren oder Feinprallmühlen zum Einsatz.

#### **2.5 Feinseparation (maschinell)**

Ziel: Wertstoffgewinnung durch Abtrennung von Materialien aus dem aufgeschlossenen Materialstrom für die Weiterbehandlung

Z.B.:

- Kupferkonzentrate mit Edelmetallgehalten
- Aluminiumkonzentrate
- Energiereiche Fraktionen

Die nach der Feinzerkleinerung vorliegende Materialmischung wird ebenfalls mittels physikalischer Verfahren in Wert- und Restfraktionen sortiert. In der Regel werden eine Aluminiumfraktion und eine kupferreiche Fraktion gewonnen, wobei die Edelmetalle wie Gold, Silber und Palladium in die kupferreiche Fraktion gelangen. Die gewonnenen Metallfraktionen werden meist zur Weiterverarbeitung an Metallhütten abgegeben. Die verbleibende Restfraktion wird häufig der energetischen Verwertung zugeleitet.

Bei der Feinseparation kommen Trocken- und Nassverfahren zum Einsatz, z. B. Lufttrennherde, elektrostatische Trennung, Rinnenscheider, Wendelscheider, Zentrifugalscheider, Nasstrenntische sowie Schwimm- /Sinkverfahren.

## **2.6 Verfahren zur Weiterverarbeitung der gewonnenen Fraktionen**

Ziel: Herstellung reiner Kunststoff- und Metallfraktionen für den Einsatz in der Produktion, energetische Nutzung

Hier werden bestehende Verfahren genutzt, die nicht ausschließlich für die Verwertung von Elektroaltgeräten oder daraus gewonnene Fraktionen entwickelt wurden, wie z. B.

- Metallurgische Verfahren (Metallhütten)
- Verfahren zur Energiegewinnung aus Abfällen (Heizkraftwerke)
- Verfahren zur Aufbereitung gemischter Kunststoffe

Im Folgenden werden einige wesentliche Fraktionen aus der Verarbeitung von Elektroaltgeräten und deren nachfolgenden Verfahren genannt.

### **Stahl**

Das Verhütten von Eisenerzen ist ein allgemein bekanntes Verfahren. In solchen Hochofenprozessen werden Eisen und Stahlfraktionen aus der Zerlegung und/oder Zerkleinerung wieder eingeschmolzen und somit zu 100% stofflich wiederverwertet. Im Anschluss produziert man hieraus neue Halbzeuge als Ausgangsprodukte für verschiedenste Erzeugnisse. In einem Elektrostahlwerk werden Eisen- und Stahlfraktionen primär geschmolzen und durch Zuschlagstoffe zu neuen Stahlhalbzeugen vergossen und gewalzt.

Sortenreine Eisenfraktionen aus der maschinellen Zerlegung/Zerkleinerung von Elektroaltgeräten können in der Stahlherstellung beim so genannten „Frischen“ wegen der großen spezifischen Oberfläche als Kühltischschrott eingesetzt werden.

### **Aluminium**

Das aus dem Elektroaltgeräterecycling stammende Aluminium wird in einem chloridhaltigen Salzbad eingeschmolzen. Hier verhindert das Salz die Oxidation mit Luftsauerstoff. Ein großer Vorteil des Einsatzes von Sekundäraluminium ist die Einsparung von großen Mengen

an elektrischer Energie, da der energieintensive Prozess der Schmelzflusselektrolyse entfällt.

### **Kupfer/Buntmetallkonzentrate**

Die Buntmetallfraktionen werden in einem Hochofenprozess eingeschmolzen und anschließend zu Anoden gegossen. Diese Anoden werden dann mittels Elektrolyse weiterverarbeitet. Hierbei lagert sich an der Kathode hoch reines Kupfer an. Der anfallende Anodenschlamm im Elektrolysebad enthält weitere Metalle und Edelmetalle. Der Anodenschlamm wird in Folgeverfahren weiter aufbereitet, um Silber, Gold u. a. seltene Metalle zurück zu gewinnen.

### **Verfahren zur Aufbereitung von Kunststoffen**

Sortenreine Kunststoffe aus dem Elektroaltgeräte recycling gehören zu den Thermoplasten und können erneut eingeschmolzen werden (Extrusion), um z. B. neue Produkte wie Gehäuseteile herzustellen.

Fraktionen aus Mischkunststoffen lassen sich je nach Zusammensetzung zu einem Mischkunststoff extrudieren oder können als Füller eingesetzt werden. Hieraus können Kunststoffprodukte geringerer Qualität hergestellt werden, z. B. Einwegpaletten, Barkenfüße etc.

Bei Kunststofffraktionen die ausschließlich aus Polyolefinen (Kunststoffe, die nur Kohlenstoff- und Wasserstoffatome besitzen) bestehen, lassen sich durch cracken (katalytische Aufspaltung der Polymerketten) Sekundärprodukte für die Petrochemie erzeugen.

Ein weiteres Verfahren zur stofflichen Verwertung gemischter Kunststoffe ist z. B. die Druckvergasung. Hierbei werden die Mischkunststoffe in einem sauerstofffreien Prozessraum erhitzt. Die dabei entstehenden Gase werden zu Methanol verarbeitet, das als Grundstoff in der chemischen Industrie eingesetzt werden kann.

### **Kunststoffe zur energetischen Verwertung**

Da auf Grund ihrer stofflichen Eigenschaften bestimmte Kunststoffarten nicht für den Wiedereinsatz geeignet sind oder eine Extrusion nicht möglich ist, wird der hohe Heizwert des aus Erdöl produzierten Werkstoffs genutzt, und ein Ersatzbrennstoff hergestellt. Einsatzgebiete sind unter anderem die Zementindustrie, bei der der Brennstoff Kohle ersetzt. Weitere Einsatzgebiete sind Heizkraftwerke die durch die Verbrennung Wärme und elektrische Energie produzieren. Bei allen Einsatzfällen als Ersatzbrennstoff zur energetischen Verwertung wird Energie aus Primärrohstoffen eingespart.

### **3. Musterbeispiele für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen (inkl. Fließbildern)**

Diese Beispiele repräsentieren den Querschnitt des derzeit besten verfügbaren Standes der Technik bei Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen in Deutschland.

Vor dem Hintergrund, dass es eine einheitliche „beste verfügbare Technik“ aufgrund der einleitend genannten Vielzahl an Rahmenbedingungen und der darauf basierenden technischen Anlagenvariationen nicht geben kann, sind die dargestellten Musterbeispiele für Elektroaltgeräteaufbereitungsanlagen nicht identisch.

Die dargestellten Anlagen arbeiten insgesamt auf einem hohen technischen und organisatorischen Niveau. Sie gewährleisten optimale, sichere Prozessabläufe, Kontrollen, Dokumentationen und können als BVT angesehen werden. Die ursprünglichen Anlagenteile wurden teilweise bereits mehrfach modifiziert und den jeweiligen spezifischen Rahmenbedingungen des Betriebes sowie den rechtlichen Rahmenvorgaben angepasst.

Die dargestellten BVT-Musteranlagen sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre Betreiber über umfangreiche Erfahrungen im Bereich Elektroaltgeräteaufbereitung verfügen und die Anlagen sehr gute Verwertungsergebnisse erzielen. Durch kontinuierliche Optimierungsprozesse werden die verwendeten Techniken verbessert und an neue Anforderungen z. B. auch aus wechselndem Aufgabematerial (neuere Elektrogerätegeneration mit anderen Inhaltsstoffen) angepasst. Alle Anlagen sind nach ISO bzw. als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert und verfügen in der Regel über ein Qualitäts- und Umweltmanagementsystem.

#### **3.1 Musteranlage 1**

Die Aufbereitungsanlage für WEEE wurde im Jahr 2005 zur Versorgung der pyrometallurgischen Prozesse zur Kupfer- und Edelmetallproduktion nach dem Stand der Technik auf dem bestehenden Betriebsgelände installiert und in Betrieb genommen. Die Auslegung der Anlage wird bestimmt durch die pyrometallurgischen Erfordernisse und die Minimierung von Metallverlusten.

##### **3.1.1 Technik**

Die Anlage ist ausgestattet mit einer Rotormühle mit oben liegendem Rost und einer Leistung von 750 kW für den Aufschluss von WEEE sowie anderen Elektronik beinhaltenden Schrotten.

Das den Shredder verlassende Material wird zunächst einer Windsichtung zugeführt, um die Leichtfraktion zu separieren. Anschließend erfolgt die Eisenabtrennung über zwei Trommelmagneten. Eine Reinigung des Shredderschrotts von Kupfer oder Edelmetallen ist nicht erforderlich, da dieser Materialstrom vollständig zur Versorgung der eigenen Ofenaggregate (Kayser – Recycling System siehe BREF NE-Metall Industrie) benötigt wird. Verluste an Metallen sind an dieser Stelle ausgeschlossen. Der Massenstrom an Nichteisen wird gesiebt, wobei das abgesiebte Unterkorn im Ofenaggregat verarbeitet wird, um auch hier Metallverluste ausschließen zu können. Zur Abtrennung des Aluminiums kommt ein

Wirbelstromaggregat zum Einsatz. Das Trennverfahren schließt nicht aus, dass Leiterplatten und Nichteisen-Metalle wie Kupfer oder Messing mit dem Aluminium ausgetragen werden. Zur Rückgewinnung der Buntmetalle und der Leiterplatten wird diese Fraktion mittels optischer Separation nachgereinigt. Buntmetalle und Leiterplatten werden ebenfalls zur Rückgewinnung in den Schmelzaggregaten verarbeitet.

Zur Abtrennung freier Gehäusekunststoffe wird die Restfraktion noch einmal mit sensorgesteuerten Maschinen bearbeitet. Die Mischfraktion aus Leiterplatten und Nichteisenmetallen dienen zur Versorgung der Schmelzaggregate, ebenso wie die Leichtfraktion aus der Windsichtung und der Staubfraktion aus dem Filter um Metallverluste auf das Minimum zu reduzieren.

Die einzigen Fraktionen die das System verlassen, sind das Aluminium und die Kunststoffe.

### **3.1.2 Emissionen**

#### **3.1.2.1       Lärm**

Lärmemissionen sind gemäß den genehmigungsrechtlichen Auflagen minimiert. Das Zerkleinerungsaggregat ist innerhalb eines speziell konstruierten Schallschutzgebäudes installiert. Sollte dieses während des Betriebes geöffnet werden, wird die Zerkleinerung stromlos geschaltet und die Verarbeitung unterbrochen.

Die übrigen Trennaggregate sowie alle Container, in denen Fraktionen abgeworfen werden, sind in schallabsorbierenden Gebäuden untergebracht. Während des Betriebes sind alle Zugänge durch Rolltore verschlossen und werden nur geöffnet, sofern Behälterwechsel erforderlich sind.

Die vorhandene Gebäudedurchführungen und der Kamin sind mit Schalldämpfern ausgestattet.

#### **3.1.2.2       Luftemissionen (Staub)**

Diffuse Staubemissionen werden unterbunden durch Bedüsung des Materials mit Wasser bei der Be- und Entladung.

Im Aufbereitungsprozess sind alle Aggregate und Übergabestellen an der Entstaubungsanlage angeschlossen. Die Stäube werden erfasst und im Filteraggregat niedergeschlagen. Die Entstaubungsanlage wird mit einem Volumenstrom von 60.000 m<sup>3</sup> Luft betrieben. Die genehmigungsrechtlich vorgeschriebene Messung der Gesamtstaubemissionen im Abgas hinter der Filteranlage ergaben einen Wert < 5 mg/m<sup>3</sup> Luft.

### 3.1.3 Sicherheitstechnik

Das Material wird während des Entladevorgangs und während der Anlagenbeschickung begutachtet, um Fehlwürfe, Schadstoffe oder den Aufbereitungsprozess beeinflussende Bauteile wie Hohlkörper zu separieren.

Der gesamte Prozess von der Aufgabe auf das Zuförderband zum Shredder bis hin zu den Abwurfstellen der einzelnen Fraktionen wird per Video aus dem Steuerstand überwacht.

Vom Steuerstand kann die gesamte Anlage einerseits vom Personal optisch überwacht und kontrolliert werden, aber auch elektronisch, da dort alle Anlagendaten eingehen, gesammelt und dokumentiert werden.

Die Anlage ist ausgestattet mit Explosionsklappen und explosionsgeschützten Filtern. Die Abgasleitungen sind mit Funkendetektoren mit automatischer Wasserlöschung ausgerüstet. Wenn notwendig, kann der Filter mit Stickstoff geflutet werden.

### 3.1.4 Fließbild

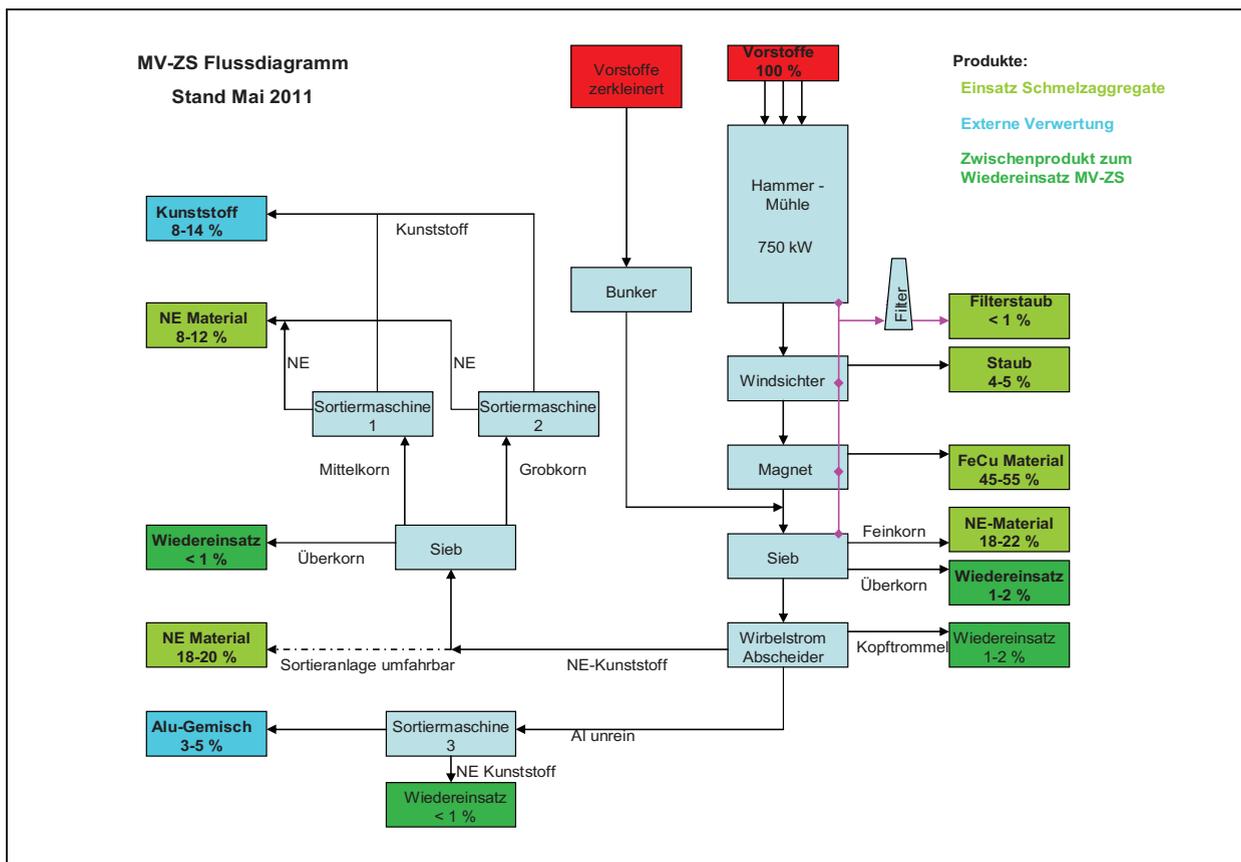


Abbildung 1: MV ZV Flussdiagramm

## **3.2 Musteranlage 2**

Die Anlage wurde 1995 in Betrieb genommen und speziell konzipiert für die industrielle Zerlegung und Aufbereitung von Elektroaltgeräten. Die Anlage besteht aus auf das Material abgestimmte Demontage-/Zerlegelinien und Aufbereitungsprozessen. Die Verarbeitungskapazität betrug bisher 30.000 t/Jahr und wurde im Rahmen einer Erweiterung zu Beginn des Jahres 2011 auf 80.000 t/Jahr erhöht.

### **3.2.1 Sortierung**

Angelieferte Elektroaltgeräte werden manuell oder unter Zuhilfenahme von Sortiereinrichtungen sortiert in

- Bildschirmgeräte
- Geräte mit Schad- oder Störstoffe (Batterien, Leuchtstoffröhren, Toner, Holz, Flüssigkeiten, Rauchmelder, etc.)
- Schadstofffreie Geräte und Elektronikkomponenten

### **3.2.2 Zerlegung**

Bildschirmgeräte werden in Bildröhre, Gehäuse (Holz oder Kunststoff) sowie Chassis (Elektronikkomponenten) zerlegt.

Geräte mit Schad- oder Störstoffen werden in unterschiedlichen Zerlegebereichen nach Maßgabe ihrer Größe zerlegt. Primär dient die Zerlegung dazu, die Schadstoffe zu separieren. Die verbleibenden Komponenten werden dann als schadstofffreie Geräte oder Elektronikkomponenten mechanisch verarbeitet.

Es wird unterschieden in:

- Kleingeräte (Telefone, kleine Haushaltsgeräte, Tastaturen, Mäuse etc.)
- Mittelschwere Geräte (Drucker, PC, Scanner, Radios, Videorecorder, DVD Spieler etc.)
- Schwere Geräte (Waschmaschinen, Server, Kopierer, etc.)

Die Bereiche sind mit Hilfsmitteln wie Hebevorrichtungen, Rollentischen und Rollenbahnen ausgerüstet, um den Anforderungen an die Gerätegröße bei der Zerlegung gerecht zu werden.

### **3.2.3 Mechanische Aufbereitung**

Schadstofffreie Elektroaltgeräte aus der Sortierung sowie Elektronikkomponenten aus den Zerlegungen werden in der mechanischen Aufbereitung verarbeitet. Diese besteht aus mechanischen Verfahrensstufen. Sie arbeitet nach dem Prinzip des „stufenweisen Zerkleinerns zum Zwecke des Aufschließens einzelner Stoffgruppen und des sofortigen

Abtrennung der jeweils freigelegten Produkte". Ziel des Verfahrens ist die Gewinnung stofflich verwertbarer und vermarktungsfähiger Metall- und Kunststoffkonzentrate. Dazu wird die Prozessfolge:

⇒ Aufschließen ⇒ Klassieren ⇒ Sortieren ⇒

mehrfach nacheinander durchlaufen, wobei die entsprechenden Aggregate den jeweiligen Materialbedingungen angepasst sind.

Als Zerkleinerungsaggregate werden Hammerbrecher, Rotormühlen und Hammermühlen eingesetzt. Für die Sortierung stehen Magnetscheider und Wirbelstromscheider, sowie Sichter und Luft- und Nasstrennherde zur Verfügung. Sämtliche Aufbereitungsaggregate sind an ein Entstaubungssystem angeschlossen.

In der ersten Zerkleinerungs- und Sortierstufe fallen grobe Metallkonzentrate aus Gehäuse- und Chassisteilen an.

In der zweiten und dritten Stufe werden Bauteile von Leiterplatten, Kupferdrähte und dünne Bleche aufgeschlossen und als Metallkonzentrate ausgetragen. Vorzugsweise im Buntmetallkonzentrat dieser Fraktionen reichern sich - soweit vorhanden - die Edelmetalle an.

Bei der Sortierung anfallende Reststoffe, die aus einer Mischung aus unterschiedlichen Kunststoffen, Gummi, Keramik und Metallen bestehen, werden durch nachgeschaltete Dichtentrennverfahren Metalle, Kunststoffe und heizwertreiche Abfälle gewonnen.

#### **3.2.4 Entstaubung**

Die Zerkleinerungsstufen der Elektronikschrottaufbereitung sowie die der Siebmaschinen und Sortierapparate sind an eine zentrale Entstaubungsanlage angeschlossen. Der Staub wird mittels eines Filters abgeschieden und in Big Bags abgefüllt.

### 3.2.5 Fließbilder

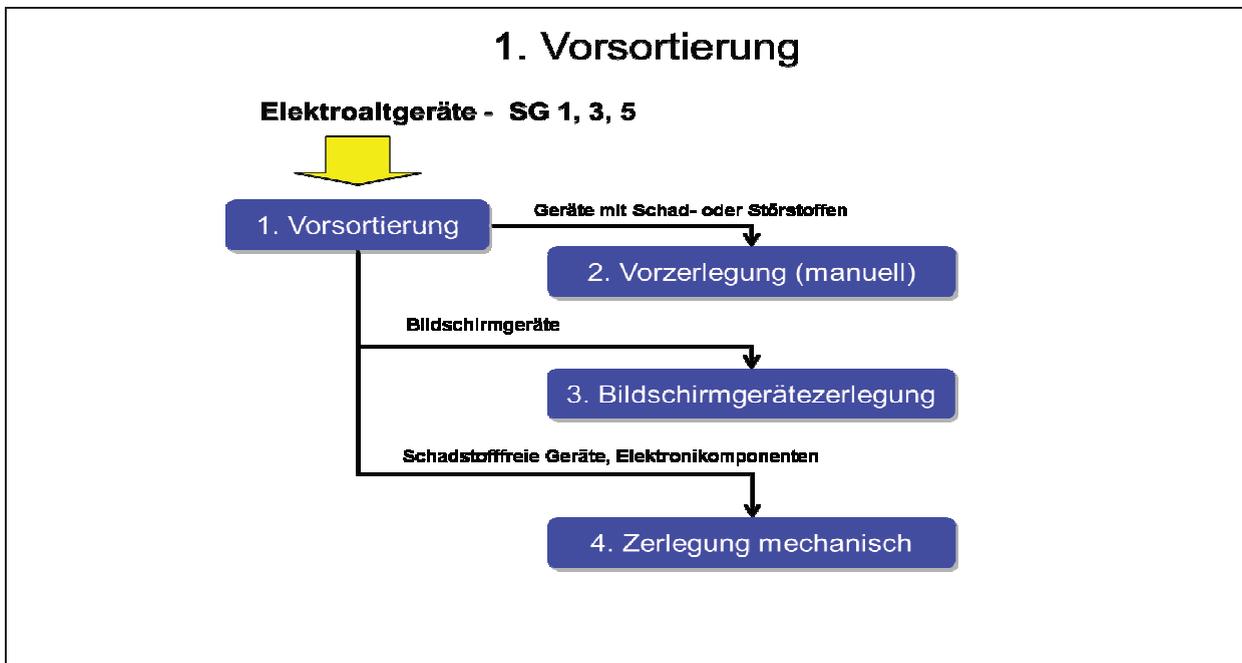


Abbildung 2: Vorsortierung

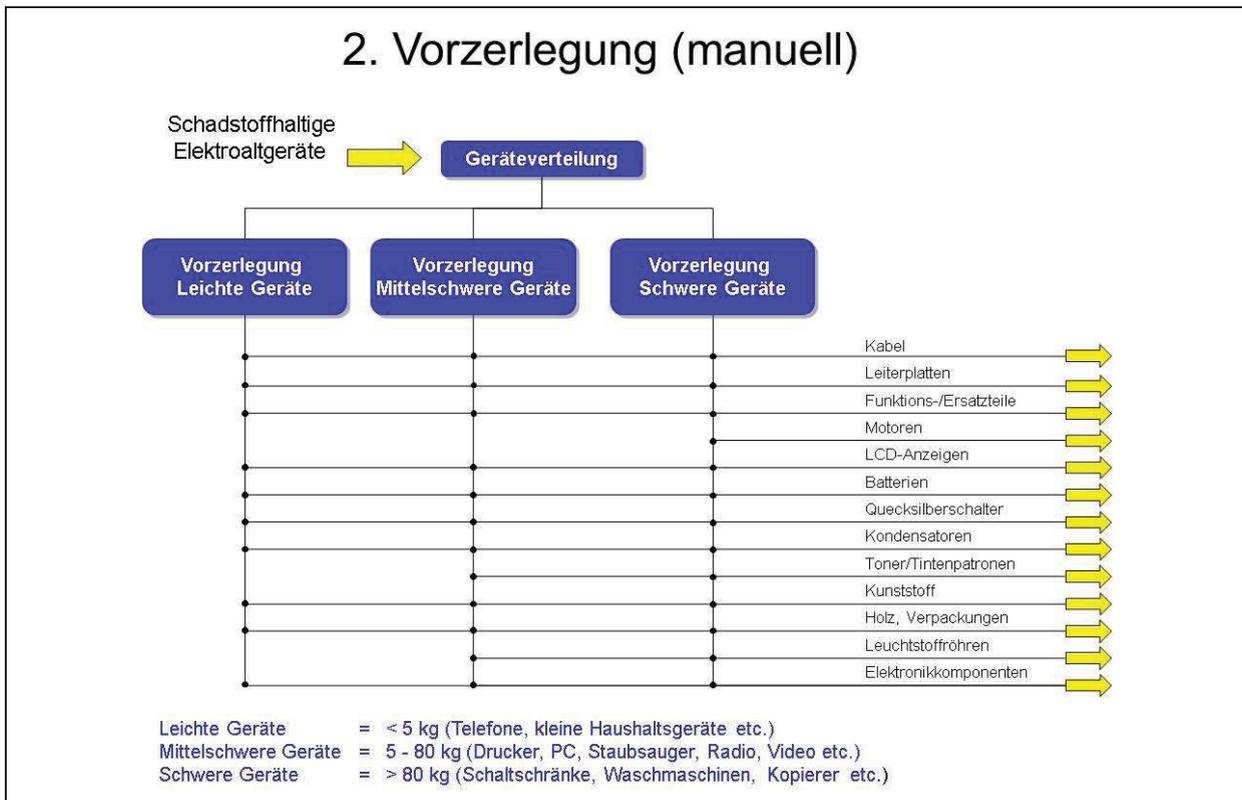


Abbildung 3: Vorzerlegung (manuell)

### 3. Vorzerlegung Bildschirmgeräte

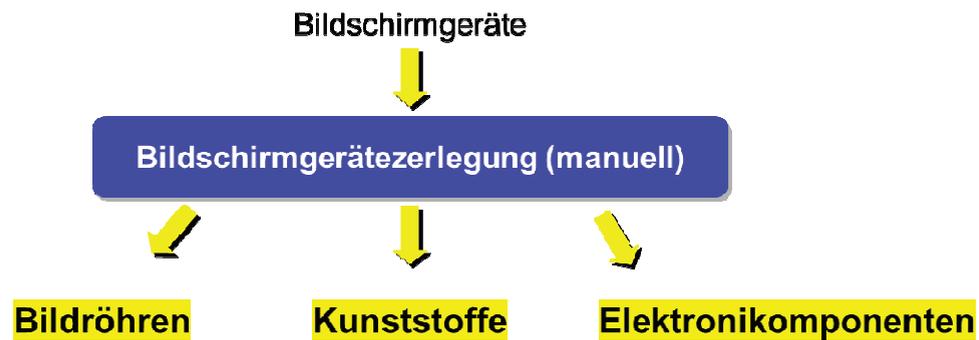


Abbildung 4: Vorzerlegung Bildschirmgeräte

### 4. Zerlegung maschinell

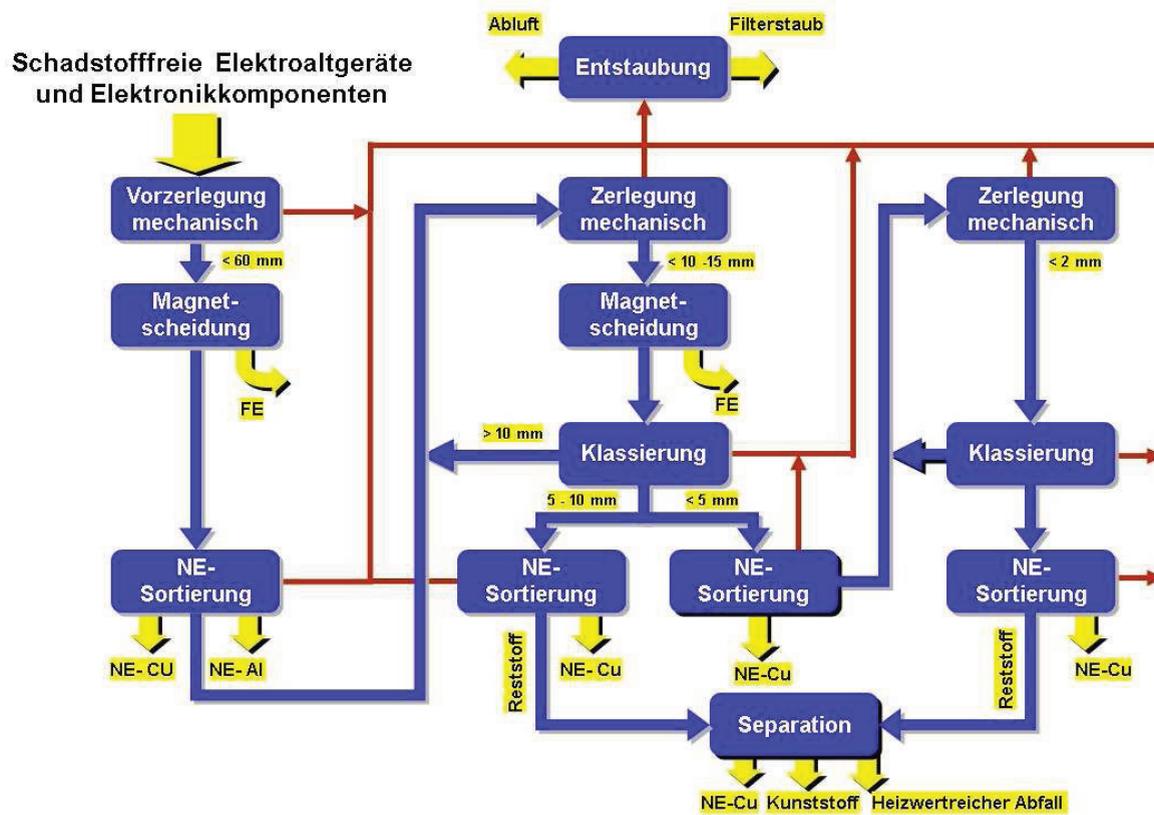


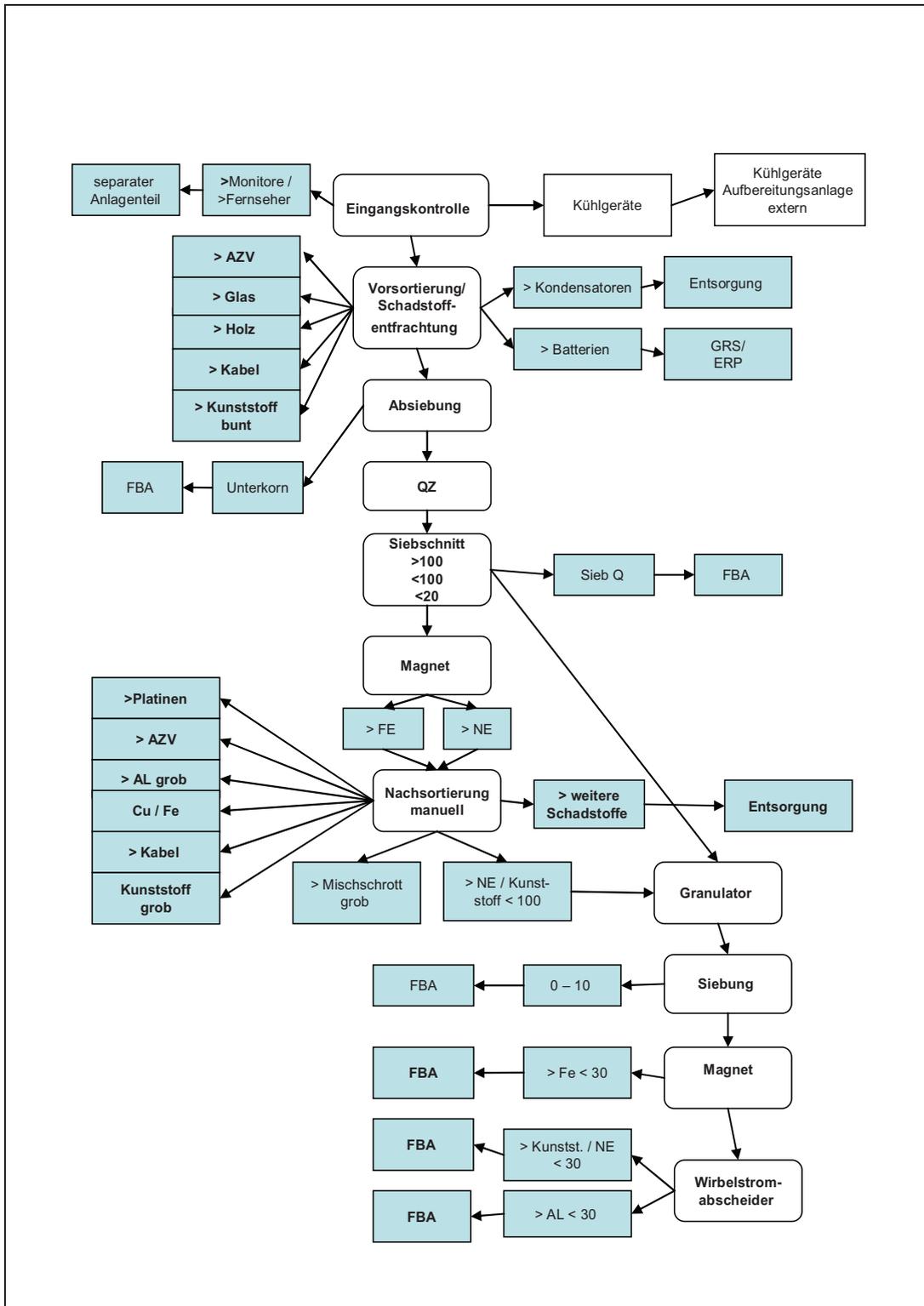
Abbildung 5: Zerlegung maschinell

### **3.3 Musteranlage 3**

#### **3.3.1 Kurzbeschreibung zum Unternehmen**

Die Anlage ist Annahme, zeitweilige Lagerung und Behandlung, das heißt Schadstoffentfrachtung, Trennen, Zerkleinern und Sortieren von Elektro- und Elektronikaltgeräten sowie weiterer Fraktionen der Demontage solcher Geräte (ausgenommen Kühlgeräte) mit einer Lagerhöchstmenge von 1000 t, sowie einer Durchsatzleistung von ca. 160t/d bis ca. 40.000 t/a im Zweischichtbetrieb ausgelegt und genehmigt.

### 3.3.2 Fließbild



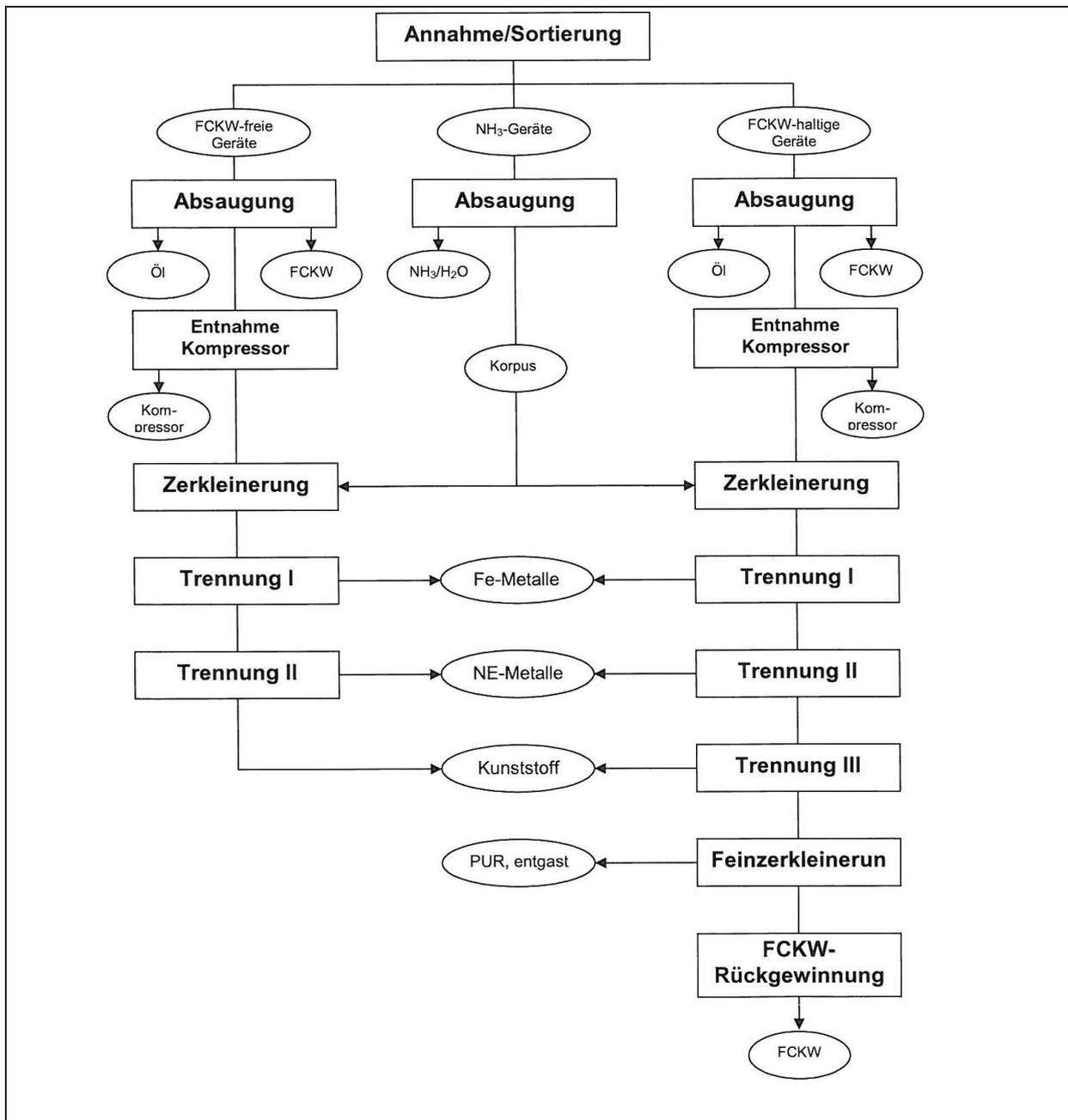
### **3.4 Musteranlage 4 (Spezialfall Kühlgeräteaufbereitung)**

#### **3.4.1 Kurzbeschreibung zum Unternehmen**

Die Anlage dient der Aufbereitung zu entsorgender Kühlgeräte einschließlich der Rückgewinnung der FCKW aus dem Kühlkreislauf und der Polyurethan (PUR)-Schaumisolierung. Es erfolgt eine automatische Separation von Öl und FCKW, sowie von FE-Metallen, NE-Metallen und Polystyrol und Polyurethan.

Kühlgeräte, welche kein FCKW in der Isolierung enthalten, werden nach erfolgter Schadstoffentfrachtung und dem Ausbau der Kompressoren in einer separaten Aufbereitungsanlage mit anschließender FE-Separation behandelt.

### 3.4.2 Fließbild



#### 4. Tabellarische Übersicht mit Details zu den Musteranlagen

Daten		Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
Allgemeine Informationen	Betreiber	Betreiber 1	Betreiber 2	Betreiber 3
	Gesamtlagerfläche für Einsatzmaterial Elektronik	M <sup>2</sup> 5.900	20.000	960
	Art der Anlage	Elektro(nik)-schrottaufbereitung	Elektro(nik)-schrottaufbereitung	Elektro(nik)-schrottaufbereitung
	Jahr der Genehmigung	A 2005	1994+1996	2007
	Inbetriebnahme	2005	1995	2007
	Betriebsweise der Anlage	trocken	nass+trocken	trocken
	Installierte elektrische Leistung der Zerkleinerungsanlage	kw 750	800	340
	Jährliche Betriebszeit ca.	H 3.000	6.000	1.700
	Durchsatz an Material ca.	t/a 75.000	29.000	13.000
Betriebsorganisation	<b><u>Zertifiziert nach</u></b>			
	DIN ISO 9.000ff	Ja	Ja	Nein
	DIN ISO 14.000ff	Ja	Ja	Nein
	Entsorgungsfachbetrieb	Ja	Ja	Ja
Materialannahme, Sortierung	Ein- / Ausgangsverwiegung	Ja	Ja	Ja
	Radioaktivitätskontrolle	Ja	Ja	Ja
	Sichtkontrolle	Ja	Ja	Ja
	<b><u>Vorsortierung und Selektion von:</u></b>			
	Schadstoffen	Ja	Ja	Ja
	Fehlwürfen	Ja	Ja	Ja
	wiederverwendbaren Geräten	Ja	Ja	Ja
	Lampen, Kühlschränken, Großgeräten, Bildschirmgeräten, Holzgeräten	Ja	Ja	Ja

Daten		Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
Behandlung	Ölhaltigen Geräten, Lithium- und Bleibatterien	Ja	Ja	Ja
	Vorzerlegung	maschinell	Kombination manuell / maschinell	maschinell
	Zerkleinerungsaggregate	Rotormühle mit oben liegendem Rost	Hammerbrecher, Rotormühle	Kettenzerkleinerer,
	<b><u>Folgezerlegung</u></b> / <b><u>Feinzerkleinerung</u></b> <b><u>(mechanisch):</u></b>	Hammermühle	Hammer-, Schneidmühlen	Scheidmühle
	<b><u>Separation /Feinseparation</u></b> Vorhandene Trennungseinrichtungen (Metall/Kunststoff und Metall/Metall)	Windsichter, Wirbelstrom, optische u. sensorische Trennung, Trommel- magneten, Trommel-neodym, Überbandmagnet, Siebtechnik	Windsichter, Magnetscheidung, Wirbelstromscheidung, Dichtentrennung, Querstromsichter, Siebe	Stangensiebe, Überbandmagnete, Wirbelstrom
<b><u>Abluftreinigung</u></b>	Zyklone, Schlauchfilter,	Zyklone, Schlauchfilter	Zyklone, Schlauchfilter	
Emissionen (Staub, Abluft)	<b><u>Emissionsquellen</u></b>			
	für Luftemissionen (Staub)	Kamin der Filteranlage, Diffuse Quellen vernachlässigbar	Materialaufgabe, Übergaben u. Austräge (entstaubt), Filterabluft	sämtliche Fallhöhen an der Übergabe der Bänder, Materialeingang

Daten	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
<p><b><u>Emissionsminderungsmaßnahmen:</u></b></p> <p>Anforderungen an das Vormaterial</p> <p>Separate Vormateriallagerung</p> <p>gegen Verpuffung, Explosion u. Feuer</p> <p>Verminderung diffuser Staubemissionen bei Ent- u. Verladevorgängen</p>	<p>keine Annahme v. Bildschirmgeräten, Geräten od. Bauteilen, die FCKW, Asbest, Hg od. PCB enthalten, Freiheit v. Radioaktivität</p> <p>Ja</p> <p>Sichtung d. Vormaterials auf kritische Komponenten (Hohlkörper etc.), Vorhandensein v. Explosionsklappen, explosionsgeschützten Filtern, Funkendetektoren in Abgasleitungen m. Wasserlöschung, gegebenenfalls Stickstofflutung d. Filters</p> <p>Bedüsung m. Wasser während Be- u. Entladung</p>	<p>Elektroaltgeräte nach ElektroG, genehmigte Abfallschlüssel</p> <p>Lagerboxen, Lagerhalle für Stückgut</p> <p>Druckstoßsichere Ausführung d. Anlage, Löschanlagen, Rauchmelder</p> <p>Vorsortierung, Absaugung, Verladung in geschlossenen Gebinden</p>	<p>kein radioaktives Material, keine Kühl- u. Klimageräte, Ölradiatoren werden nur angenommen, aber nicht behandelt,</p> <p>E-Großgeräte nur zur Weiterleitung an Shredder</p> <p>Separate Lagerung entsprechend der nachgeschalteten Verarbeitungsschritte</p> <p>Beschäumung, mehrere Explosionschutzklappen</p> <p>Partielle Benebelung u. Benetzung m. Wasser</p>

Daten		Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
	Behandlung v. Niederschlagswasser d. freien Lagerflächen	Schlammfänge mit Partikelabscheider	erfasst u. geklärt	keine freien Lagerflächen vorhanden
	Art des Prozesswassers	Kein Prozessabwasser	Betriebswasser aus Oberflächenwasseraufbereitung	Leitungswasser
	Beruhigungstank Schlammbugger m.	ja	nein	nein
Lärm	planungsrechtliches Gebiet der Anlage	GI-Gebiet.	GI-Gebiet	GM-Gebiet
	Messungen zum mittleren Immissionspegel der Aufbereitungsanlage	ja	Ja	Ja
	getroffene Maßnahmen zur Lärminderung	Schallschutzeinhausung der Rotormühle, diverse Schalldämpfungen an Öffnungen, Durchführungen u. Kamin; alle Aggregate stehen in schallabsorbierenden Hallen	Schalleinhausungen	Bunkerwände vor Querstromzerspaner
	künftige geplante Maßnahmen	nicht erforderlich	Schalleinhausung	Lärmschutzmatten
Energie	durchgeführte Maßnahmen zur Steigerung d. Energieeffizienz in den letzten 3 Jahren	Nicht erforderlich	Modifizierung der Anlagentechnik	Elektromotoren, Heizung, Klima, Beleuchtungstechnik, leichte Laufrollen





**Verband Deutscher Metallhändler e.V.**

Hedemannstraße 13 · 10969 Berlin · [vdm@metallhandel-online.com](mailto:vdm@metallhandel-online.com) · [www.metallhandel-online.com](http://www.metallhandel-online.com)